

Sous épreuve U5.2 : Mise en œuvre

Durée de l'épreuve 3 heures \Rightarrow Préparation 2h30 ; Exposé oral 30 minutes.

LABORATOIRE**THEME D'ETUDE: GOUSSET**

Un charpentier doit réaliser un hangar. Il utilise l'assemblage par gousset pour la liaison entre arbalétriers. Un jeu est de 10 mm est respecté entre les 2 arbalétriers. La structure est abritée des intempéries.

Le charpentier possède différents panneaux de contreplaqués. Il décide donc de réaliser un plan d'expériences afin de déterminer quelle est la combinaison qui offre la plus grande résistance aux efforts.

MATERIEL MIS A DISPOSITION :

- Les pièces assemblées et repérées
- La machine d'essai,
- Un pied à coulisse, un mètre à ruban,
- Extrait des règles CB 71

TRAVAIL DEMANDE :

Le tableau d'expériences ci-après vous donne la liste des essais à réaliser .

Le type d'assemblage est un facteur à 4 niveaux.

La matière est un facteur à 2 niveaux

N° d'essai	Type d'assemblage	Matière gousset	effort cisaillement en daN	effort cisaillement en daN	Moyenne résultat
1	Cloué pointe lisse	CP BOULEAU (15mm)			
2	Cloué pointe lisse	CP Résineux (15mm)			
3	Cloué pointe torsadée	CP BOULEAU (15mm)			
4	Cloué pointe torsadée	CP Résineux (15mm)			
5	Collé résorcine	CP BOULEAU (15mm)			
6	Collé résorcine	CP Résineux (15mm)			
7	Collé cloué pointe torsadée	CP BOULEAU (15mm)			
8	Collé cloué pointe torsadée	CP Résineux (15mm)			

1. Réaliser les essais sur la machine et noter les résultats obtenus dans le tableau ci-dessus.
2. Exploitation de résultats
 - a. Déterminer l'effet de chacun des facteurs :
(Moyenne des résultats à un niveau donné pour un facteur - Moyenne générale des essais)
 - b. Représenter graphiquement l'effet de chacun des facteurs
 - c. Conclure : Quel type de panneau choisissez-vous pour constituer le gousset ? Quel est le type d'assemblage le plus résistant ?

3. Analyse de l'assemblage :
 - a. Quelles sont les sollicitations exercées sur l'assemblage ?
 - b. Quelles devraient être pour les configurations essai n°1 à N°4 la résistance théorique au cisaillement (selon les règles de calcul CB71) ?
 - c. Conclure en comparant les résultats pratiques obtenus et les résultats théoriques

4. Choix :
 - a. Quel est l'intérêt d'un assemblage cloué collé ? Quelle combinaison prendriez-vous au vu des résultats des essais et de l'exploitation des règles CB71 ?
 - b. Le critère résistance mécanique est-il le seul élément à prendre en considération pour une entreprise de charpente ? Citer d'autres facteurs important.

TEMPS CONSEILLES :

<i>Lecture du sujet :</i>	<i>15 min</i>
<i>Organisation et réalisation des essais :</i>	<i>1h min</i>
<i>Traitement et analyse :</i>	<i>1h15</i>

CRITERES D'EVALUATION :

Organisation et réalisation des essais
Validité de la représentation graphique
Analyse des résultats et cohérence de la démarche
Analyse et exploitation d'un document normatif

4,62-12 • En l'absence de norme, les dimensions des clous ou des pointes utilisables sont conformes aux valeurs suivantes :

TABLEAU 15

Longueur mm	N° de jauge de Paris	Diamètre mm	Poids approximatifs de 1 000 pointes kg
60	16	2,7	2,75
70	17	3	3,80
80	18	3,4	5,55
90	19	3,9	8
100	20	4,4	12
110	21	4,9	17
125	22	5,4	22
140	23	5,9	30,50
160	24	6,4	—
180	24	6,4	58
200	25	7	80

Il existe également des clous torsadés. Ces clous permettent d'après les essais réalisés, pour une section inférieure de transmettre le même effort qu'un clou ordinaire de même longueur et de section plus importante (voir cahier n° 77 du Centre Technique du Bois, pages 18 à 20).

4,62-12 Assemblages cloués (fig. R-IV-6). — Les clous ou pointes employés sont des clous à tête plate.

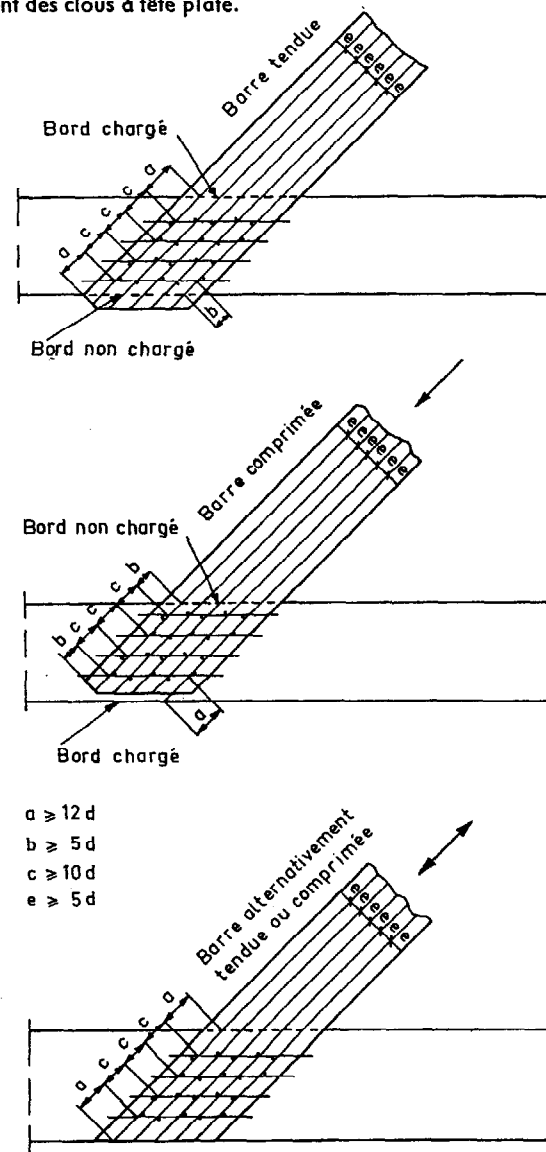


Fig. R-IV-6. — Assemblages cloués.

4,62-120 La distance e entre files de clous perpendiculairement au fil du bois est supérieure ou au moins égale à $5d$.

La distance c entre clous parallèlement au fil du bois est supérieure ou au moins égale à $10d$.

4,62-121 • Il y a intérêt pour éviter le fendage de prendre les précautions suivantes :

- diminuer le nombre de clous sur les files extérieures,
- commencer l'enfoncement des clous par les files extérieures et par les clous d'ordre pair.

L'usage de clous à pointes coupées ou écrasées limite les risques de fendage, mais diminue la force portante des clous.

L'enfoncement des clous à l'aide de marteaux pneumatiques limite également les risques de fendage.

4,62-122 • Il est sage et fréquent de placer dans les assemblages cloués un ou plusieurs boulons de serrage de faible diamètre destinés à prévenir le desserrage et la dislocation de l'assemblage. Ces boulons doivent être considérés comme des organes d'assemblage neutres : ils ne sont pas pris en compte dans les calculs.

En utilisant des clous torsadés dont la tenue à l'arrachement est pratiquement égale à la charge admissible en simple cisaillement, il est inutile de prévoir des organes d'assemblage neutres.

Il est possible de réaliser des assemblages mixtes, boulons plus clous. Les forces portantes de chacun de ces organes d'assemblage peuvent s'ajouter selon des règles découlant de résultats d'essais émanant d'un laboratoire qualifié.

La distance a entre l'axe d'un clou et le bord chargé d'un élément est supérieure ou au moins égale à $12 d$.

Enfin la distance b entre l'axe d'un clou et le bord non chargé d'un élément doit être supérieure ou au moins égale à $5 d$.

d étant le diamètre du clou. Les valeurs calculées sont arrondies au mm supérieur.

Les clous sont disposés de part et d'autre de la ligne théorique des files de manière que deux clous successifs ne coupent pas une même fibre du bois.

4,62-121 Les valeurs indiquées à l'article précédent conviennent pour les résineux courants et le chêne.

Pour des essences fissiles et particulièrement pour le pin maritime il convient d'augmenter ces valeurs d'au moins 10 %, et s'il y a lieu de procéder à des essais d'enfoncement de pointes.

4,62-122 Les assemblages cloués sont conçus de façon à solliciter les clous au « cisaillement conventionnel ».

En aucun cas il ne peut être admis des assemblages dont la conception entraîne une sollicitation à l'arrachement des pointes.

S'il y a lieu il convient de prévoir un dispositif complémentaire pour empêcher de se produire une telle sollicitation qui risque d'entraîner la dislocation de l'assemblage.

4,62-123 Le diamètre des pointes à utiliser est fonction des facteurs suivants :

- Épaisseur de la pièce la plus mince entrant dans la composition de l'assemblage;
- Humidité du bois au moment de la fabrication;
- Dureté du bois mis en œuvre.

Le diamètre d des pointes doit être aussi faible que possible et ne pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU 14

Diamètre d des pointes et des clous en fonction de l'épaisseur e des bois assemblés.

	$e \leq 30$ mm	$e > 30$ mm
Bois tendre et bois frais de sciage	$d \leq \frac{e}{7}$	$d \leq \frac{e}{9}$

4,62-125 • Il peut arriver que les clous soient trop longs et traversent totalement l'assemblage. Il convient alors de rabattre les pointes vers le centre de l'assemblage. L'expérience montrant que les assemblages à pointes rabattues présentent une résistance moindre, il est prudent d'affecter la force portante de tels assemblages d'un coefficient de l'ordre de 0,90.

4,62-124 On appelle *plan de cisaillement* le plan délimité par le contact de deux faces d'éléments entrant dans la composition de l'assemblage.

Un assemblage peut comporter un ou plusieurs plans de cisaillement.

Les assemblages ne comportant qu'un seul plan de cisaillement sont à exclure dans la mesure du possible.

On s'efforce de préférence de concevoir des assemblages comportant un nombre pair de plans de cisaillement. Le nombre de plans de cisaillement ne doit pas dépasser 6.

4,62-125 Un clou est dit sollicité au simple cisaillement, au cisaillement « mixte » ou au double cisaillement selon le nombre de plans de cisaillement traversés par le clou et selon la profondeur de pénétration du clou dans l'élément situé au-delà du dernier plan de cisaillement traversé.

— Le cas du *simple* cisaillement correspond à celui où un seul plan de cisaillement est traversé par le clou; la profondeur de pénétration dans le dernier élément étant au moins égale à une fois l'épaisseur de l'élément le plus mince.

— Le cas du cisaillement *mixte* correspond à celui où deux plans de cisaillement sont traversés par le clou; la profondeur de pénétration dans le dernier élément étant comprise entre 0,7 fois et 1,5 fois l'épaisseur de l'élément le plus mince.

— Le cas du *double* cisaillement correspond à celui où deux plans de cisaillement sont traversés par le clou, mais la profondeur de pénétration dans le dernier élément est supérieure ou au moins égale à 1,5 fois l'épaisseur de l'élément le plus mince.

4,62-126 Dans un assemblage cloué ne transmettant que des forces à l'exclusion de tout moment de flexion, on admet que les efforts se répartissent uniformément sur chacun des clous.

a) *Cas des bois massifs :*

1° en résineux courants. — La charge pratique F en décanewtons par clou ne doit pas dépasser :

— cas du *simple* cisaillement :

$$F = 0,8 d \sqrt{e},$$

— cas du *cisaillement mixte* :

$$F = 1,3 d \sqrt{e},$$

— cas du *double* cisaillement :

$$F = 2 d \sqrt{e},$$

d étant le diamètre du clou en 1/10 de mm,
et e l'épaisseur de l'élément le plus mince en cm.

2° en chêne. — Pour le chêne ces valeurs sont affectées du coefficient : 1,3.

3° en d'autres essences. — Pour d'autres essences on doit procéder ou se référer à des essais exécutés par un laboratoire qualifié.

b) *cas des goussets en contreplaqué :*

La charge F en décanewton par clou dans le cas de goussets en contreplaqué ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans les tableaux ci-après 16 et 17.

TABLEAU 16. — Dimensions des clous et charges admissibles
au simple cisaillement

Épaisseur des éléments en mm	Contreplaqué de 10 m/m					Contreplaqué de 15 m/m					Contreplaqué de 20 m/m				
	Pointes				Charge admissible par pointe (kg)	Pointes				Charge admissible par pointe (kg)	Pointes				Charge admissible par pointe (kg)
	Ordinaires		Torsadées			Ordinaires		Torsadées			Ordinaires		Torsadées		
	Diamètre (mm)	Jauge	Longueur (mm)	Section (mm ²)		Diamètre (mm)	Jauge	Longueur (mm)	Section (mm ²)		Diamètre (mm)	Jauge	Longueur (mm)	Section (mm ²)	
40	2,7	16	45	—	30	2,7	16	50	3,3	35	2,7	16	50	3,3	35
50	2,7	16	50	3,3	35	2,7	16	60	4,2	40	2,7	16	60	4,2	45
65	3	17	70	5,2	40	3	17	70	5,2	45	3,4	18	80	6,6	55
75	3,4	18	80	6,6	45	3,4	18	80	6,6	50	3,9	19	90	8,7	60

Okoumé, coefficient 0,9.

Bouleau, coefficient 1,1.

Résineux, coefficient 1.

TABLEAU 17. — Dimensions des clous et charges admissibles
ou double cisaillement

Épaisseur des éléments en mm	Contreplaqué de 15 m/m				Charge admissible par pointe (kg)	Contreplaqué de 20 m/m				Charge admissible par pointe (kg)	Contreplaqué de 25 m/m				Charge admissible par pointe (kg)
	Pointes		Torsadées			Pointes		Torsadées			Pointes		Torsadées		
	Diamètre (mm)	Jauge	Longueur (mm)	Section (mm ²)		Diamètre (mm)	Jauge	Longueur (mm)	Section (mm ²)		Diamètre (mm)	Jauge	Longueur (mm)	Section (mm ²)	
27	2,7	16	50	3,3	60	2,7	16	60	3,3	65	3	17	70	4,2	80
32	2,7	16	60	4,2	70	3	17	70	4,2	75	3,4	18	80	6,6	85
40	3,4	18	80	6,6	80	3,4	18	80	6,6	90	3,9	19	90	8,7	90
50	4,4	20	100	11,0	100	4,4	20	100	11,0	132	4,9	21	110	13,7	150
65	5,4	22	125	16,6	122	5,4	22	125	16,6	162	5,9	23	140	19,7	230
75	5,9	23	140	19,7	133	5,9	23	140	19,7	177	6,4	24	160	21,1	250

Okoumé, coefficient 0,9.
Bouleau, coefficient 1,1.
Résineux, coefficient 1.

4,62-127 • On admet que les efforts dans un assemblage cloué sont répartis uniformément entre les clous bien qu'il n'en soit pas ainsi dans la réalité.

Les réductions imposées par cet article ont pour objet de tenir compte de cette répartition non uniforme.

4,62-130 • L'usage de clous spéciaux peut s'avérer bénéfique pour la réalisation d'assemblages cloués.

Les densités de clouage peuvent être augmentées ainsi que les forces portantes des clous.

Il convient toutefois d'apporter une attention particulière à la déformation des assemblages. Certains clous crantés par exemple, peuvent à dimensions égales présenter des charges de rupture plus élevées mais également des déformations fonctionnelles nettement plus grandes que des clous ordinaires.

Pour la détermination des forces portantes résultant d'essais on retient la plus faible des deux valeurs suivantes :

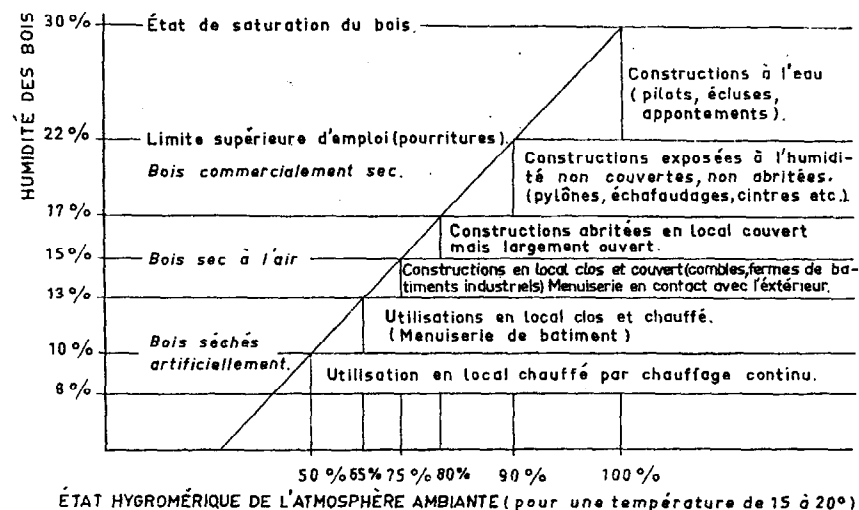
— le 1/3 de la charge de rupture ou la charge correspondant à un déplacement fonctionnel de 1 mm.

Les valeurs retenues doivent tenir compte d'un coefficient de sécurité conforme aux valeurs indiquées en commentaire pages 18 et 20.

4,62-127 Les valeurs indiquées en R-IV-4,62-126 a) et b) doivent subir un abattement de 10 % pour les assemblages comportant entre 10 et 20 clous par face de clouage et un abattement de 20 % pour ceux comportant plus de 20 clous par face.

4,62-128 Les valeurs indiquées en R-IV-4,62-126 et b) compte tenu des minora-tions ci-dessus (R-IV-46,2-127) sont affectées d'un coefficient égal à 0,75 pour les constructions exposées à l'humidité, non couvertes ou non abritées, dans lesquelles les bois sont maintenus à un taux d'humidité supérieur à 17 % (voir tableau 18).

TABLEAU 18. — Tableau des humidités d'utilisation du bois



4,62-129 Pour des clous d'un diamètre supérieur à 6 mm, il peut s'avérer nécessaire de percer des avant-trous. Le diamètre des avant-trous doit être inférieur de 2 mm au diamètre nominal des clous.

4,62-130 Il peut être fait usage de clous spéciaux :

- clous torsadés,
- clous en acier spécial à résistance élevée,
- clous présentant un grand élanement,
- clous à tige crantée, etc.

Pour déterminer la force portante des clous spéciaux on procède ou on se réfère à des essais exécutés par un laboratoire qualifié sur des assemblages adaptés aux conditions d'essais.

• Les valeurs retenues doivent tenir compte d'un coefficient de sécurité conforme aux valeurs indiquées en commentaire pages 18 et 20.

4,63 • En l'état actuel des techniques, l'usage de goussets collés n'est pas envisageable. Une telle technique ne pourrait être adoptée qu'après avoir fait l'objet d'une étude et d'essais et, en particulier, d'essais de vieillissement des collages.

Les matériaux utilisables pour la constitution des goussets se limitent actuellement à ceux cités dans les règles.

L'utilisation de matériaux dérivés du bois tels que les panneaux de fibres ou de particules n'est pas acceptable en raison du fluage et de leur grande sensibilité à l'humidité.

L'utilisation de tout autre matériau doit s'appuyer sur des résultats d'essais émanant d'un laboratoire qualifié.

4,63-11 • On utilise les goussets en tôle d'acier épaisse en association avec des boulons. L'usinage se fait en deux temps, percement des aciers puis du bois et nécessite un certain jeu dont on doit tenir compte dans la déformation de l'ouvrage.

• Dans le cas d'emploi de tirefonds, les coefficients de sécurité sont conformes aux valeurs indiquées en commentaire pages 18 et 20.

4,63-12 • Dans le cas d'essais sur maquettes, les valeurs retenues devront faire état d'un coefficient de sécurité conforme aux valeurs indiquées en commentaire pages 18 et 20.

• Les goussets en tôle mince d'aluminium sont généralement associés à des pointes en acier. Il n'est pas nécessaire de percer les goussets à l'avance. Pour éviter les effets des couples galvaniques, corrodant les métaux en présence, il convient d'utiliser des clous en acier ayant subi tout traitement dont l'expérience aura prouvé qu'il élimine ce risque.

Comme pour les assemblages cloués, il est sage de prévoir des assemblages neutres interdisant la dislocation par arrachement.

L'usage de tôle d'acier mince peut être envisagé dans le même esprit de conception. On utilise alors des clous en acier qui peuvent traverser le bois et l'acier sans percement préalable. La justification de ces assemblages devra s'appuyer sur des essais effectués par un laboratoire qualifié.

La justification des assemblages de ce type peut résulter :
— soit d'une série d'essais sur maquettes,
— soit des valeurs indiquées par le fabricant et confirmées par un procès-verbal d'essais effectués par un laboratoire qualifié.

4,63 ASSEMBLAGES SUR GOUSSETS

Les goussets sont à considérer comme des organes complémentaires d'assemblages dont le rôle, actif, est de transmettre les efforts d'un élément à un autre.

Ils sont associés nécessairement à des organes d'assemblage, boulons, clous ou tirefonds dont le rôle est également actif.

Les matériaux utilisables pour constituer des goussets sont divers. Ils peuvent être métalliques : acier ou aluminium, ou en bois : bois contrecollé ou contreplaqué.

4,63-1 Assemblages sur goussets métalliques

4,63-11 **Goussets de tôle épaisse.** — Les organes d'assemblage utilisables sont des boulons ou des tirefonds.

La justification des assemblages de ce type résulte d'un calcul découlant d'un schéma de fonctionnement de l'assemblage.

On vérifie :

— que les contraintes diamétrales s'exerçant sur le bois, le gousset et les boulons ne dépassent pas les valeurs admissibles pour chacun de ces matériaux.

— On vérifie également que les contraintes admissibles au cisaillement ne dépassent pas les valeurs admissibles dans les boulons.

La répartition des boulons devra respecter les règles énoncées en R-IV-4,62-115 (assemblages boulonnés).

— Dans le cas d'emploi de tirefonds, la force portante de l'assemblage doit s'appuyer sur un procès-verbal d'essais émanant d'un laboratoire qualifié.

4,63-12 **Goussets en tôle mince** (en acier ou en aluminium). — Les organes d'assemblage utilisables sont des boulons ou des clous.

La justification des assemblages de ce type pourra résulter :

— soit d'une série d'essais sur maquettes d'assemblages à échelle grandeur exécutés par un laboratoire qualifié,

— soit d'un calcul découlant d'un schéma de fonctionnement de l'assemblage.

Dans ce dernier cas :

1° lorsque les organes d'assemblage sont constitués par des boulons, on opère comme il a été dit en R-IV-4,63; 11.

Les goussets en aluminium ou en tôle d'acier mince peuvent être placés entre les bois de charpente de façon à éviter leur voilement. Ils peuvent également être utilisés en goussets extérieurs, ils sont alors disposés de façon à ne reprendre que des efforts de cisaillement.

Il est préférable de réaliser le clouage au moyen de pistolets pneumatiques, ce qui diminue le risque de fentes par rapport à l'enfoncement au marteau.

Les clous sont répartis sur le gousset en fonction des distances données en R-IV-4,62-120 (page 107), leur distance minimale par rapport au bord du gousset étant de 1 cm.

L'attention est vivement attirée sur des risques de corrosion. Il faut se méfier des couples galvaniques possibles et de la réaction de certains bois sur l'aluminium. L'utilisation de l'acier entraîne l'application d'une protection anti-rouille propre à ce matériau.

4,63-13 • Les bois utilisés pour la réalisation de ces assemblages doivent être calibrés avec une tolérance de ± 1 mm pour assurer une mise en place correcte de cet organe.

D'une façon générale le calcul des connecteurs est établi en fonction de valeurs d'efforts admissibles définis après essais, et la méthode de calcul doit correspondre à celle qui a été utilisée pour l'exploitation des essais.

On retient en général un effort admissible unitaire (par dent ou par cm^2), applicable soit sur la totalité de la surface de recouvrement de la pièce concernée par le connecteur soit sur une partie seulement de cette surface quand on applique le principe des « dents inopérantes ».

Sont considérées comme inopérantes, éventuellement, les dents situées, par rapport aux bords de la pièce de bois, dans une zone s'étendant jusqu'à une distance de l'ordre de 8 à 15 mm et qui dépend du type de connecteur et de la nature de la sollicitation (notion de bord « chargé » : soumis à une traction transversale).

Lorsque l'on utilise la méthode de la surface totale, la notion de dent inopérante n'existe plus, mais il convient, dans le cas d'un bord chargé (en traction transversale) de vérifier que les 2/3 de l'effort à transmettre sont repris par une surface située au-delà de 1 cm de ce bord.

Il est évident que ces deux méthodes supposent l'utilisation de charges admissibles unitaires distinctes.

4,63-14 On peut, dans le cas de pièces comprimées, assurer une partie de cette transmission par le contact bois sur bois. Dans ce cas on tient compte, dans le calcul de la déformation de la structure, des glissements supplémentaires d'assemblage provoqués par l'augmentation des efforts dans les connecteurs en limitant cette valeur en fonction des tolérances de mise en contact des pièces lors de la fabrication et dont l'ordre de grandeur est de 1 à 2 mm.

La vérification des assemblages est menée en fonction des sollicitations qui leur sont appliquées.

2° lorsque les organes d'assemblage sont constitués par des clous on se conforme aux prescriptions indiquées en R-IV-4,62-123 pour les diamètres des clous et l'épaisseur des bois et pour la répartition des clous en R-IV-4,62-120.

On prend comme efforts admissibles pour les clous les valeurs indiquées en R-IV-4,62-125 à 4,62-128 (assemblages cloués — double cisaillement — cisaillement mixte ou simple cisaillement), et on vérifie que la contrainte diamétrale exercée sur les bois ne dépasse pas la valeur de la contrainte admissible.

On vérifie en outre que les contraintes de pression diamétrale exercées par les boulons ou par les clous sur le gousset ne dépassent pas les valeurs admissibles pour ce métal.

4,63-13 **Assemblages par connecteurs en acier.** — Les connecteurs utilisés pour l'assemblage de charpentes légères sont de deux sortes :

- a) les goussets plans pré-percés ou non,
- b) les connecteurs à dents.

a) L'utilisation de ces goussets assemblés par l'intermédiaire de clous spéciaux de préférence de gros diamètre (diamètre supérieur à 2,5 mm) doit faire l'objet d'essais effectués par un laboratoire qualifié. La distance et la position des clous sont conformes à celles précisées en R-IV-4,62-120. La distance des clous aux bords du gousset doit ménager une pince compatible avec la résistance mécanique du métal constituant le gousset.

b) Les connecteurs à dents, enfoncés à l'aide de presses ou de rouleaux, sont utilisés en fonction de résultats d'essais effectués par un laboratoire qualifié.

4,63-14 **Prescriptions communes à tous les connecteurs.**

Les bois utilisés ont une épaisseur minimale de 32 mm. La qualité d'acier utilisé pour la fabrication des connecteurs correspond à FeE24 (33 à 50 kg/mm^2). Chaque assemblage fait l'objet d'une vérification particulière. En principe la totalité des efforts doit être transmise par l'intermédiaire des connecteurs dimensionnés en conséquence.